

23. Sitzung der AG „Bergbaubedingte Stoffeinträge“
am 29.08.2022 in Cottbus

RAPS in Schachtbrunnen am Lorenzgraben

Dr. Wilfried Uhlmann
M. Sc. (Umweltingenieurwesen) Tonio Eigel

Auftraggeber: LMBV Senftenberg



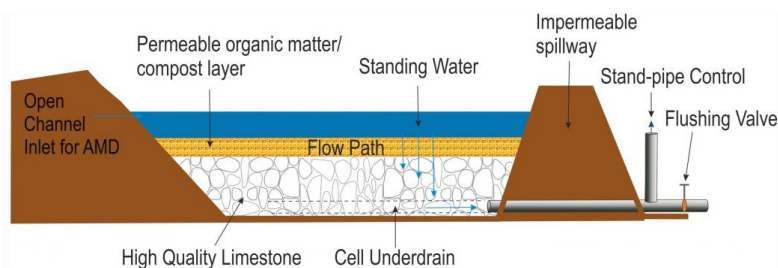
1

Allgemeines zum RAPS

RAPS Reducing and alkalinity producing system
(Reduzierendes und Alkalinität produzierendes System)
(„Passives“ System zur Behandlung von versauerungsdisponierten Wasser)

Prozesse:

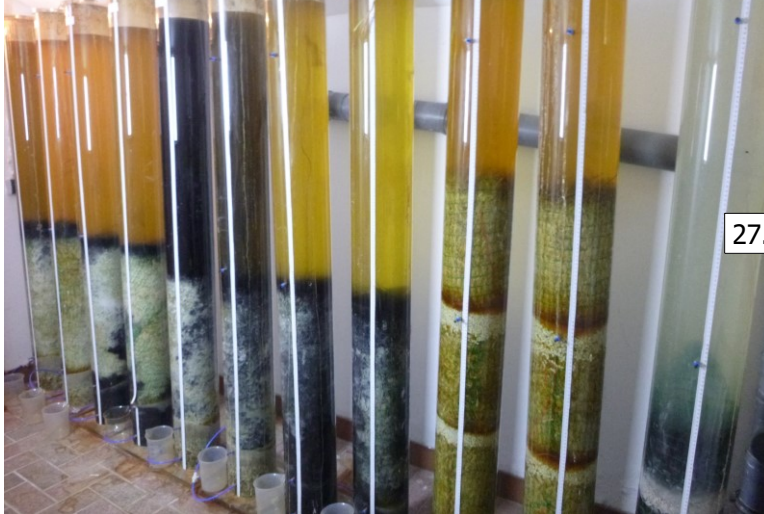
1. Anaerobe bakterielle Sulfatreduktion
2. Kalksteinlösung
3. Metallausfällung als Sulfid



2

Vorversuche zum RAPS

A1	A2	B1	B2	C1	C2	D1	D2	E1	E2	F1	F2
Gerste	Gerste	Gerste	Gerste	Weizen	Weizen	Weizen	Weizen	Gerste	Gerste	Rindenmulch	Rindenmulch
getaucht	getaucht	getaucht	getaucht	getaucht	getaucht	getaucht	getaucht	Kalkstein geschichtet	Kalkstein geschichtet	Kalkstein geschichtet	Kalkstein geschichtet
		■				■					

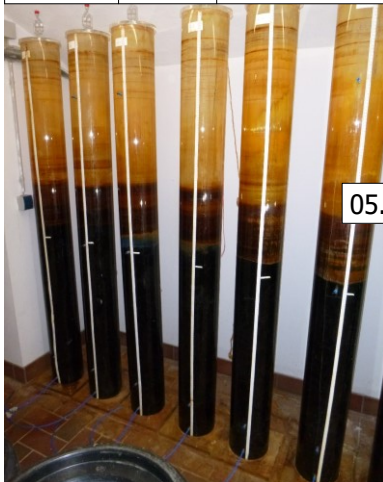


27.11.2018

3

Vorversuche zum RAPS

A1	A2	B1	B2	C1	C2	D1	D2	E1	E2	F1	F2
Gerste	Gerste	Gerste	Gerste	Weizen	Weizen	Weizen	Weizen	Gerste	Gerste	Rindenmulch	Rindenmulch
getaucht	getaucht	getaucht	getaucht	getaucht	getaucht	getaucht	getaucht	Kalkstein geschichtet	Kalkstein geschichtet	Kalkstein geschichtet	Kalkstein geschichtet
		■				■					



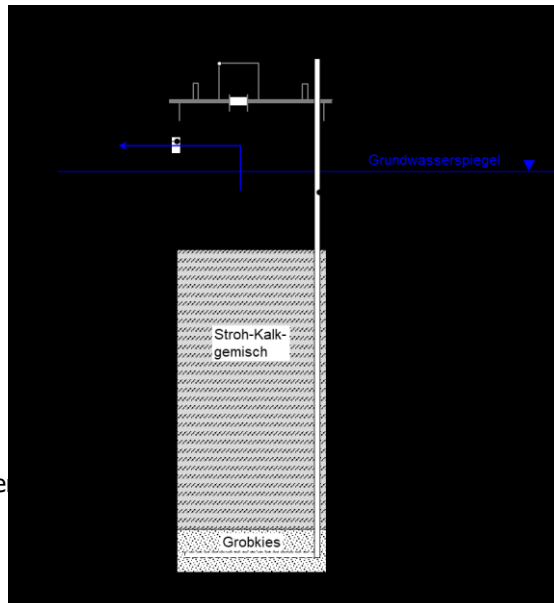
05.02.2020



4

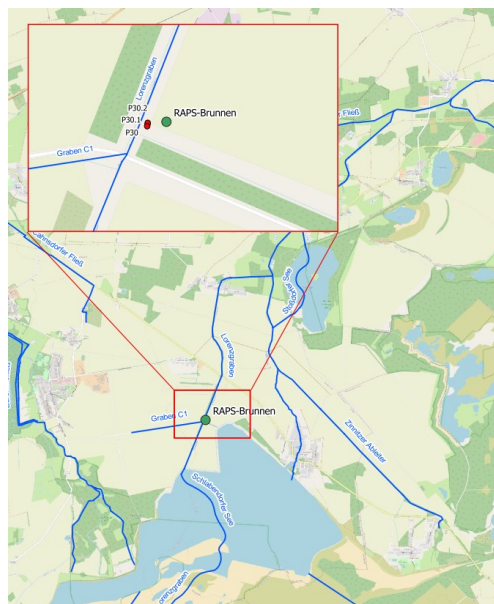
Idee des RAPS-Brunnen

- Höhere hydraulische Durchlässigkeit im Vergleich zur geologischen Umgebung
- Geringer Flächenbedarf
- Stabile Wassertemperaturen → kontinuierliche Prozessführung
- Niedrige Sauerstoffkonzentration → stabiler anaerober Zustand → schwach saurer pH-Wert
- Hohe Aufnahmekapazität für mikrobiologisch reaktives Mate → lange Regenerierungszyklen



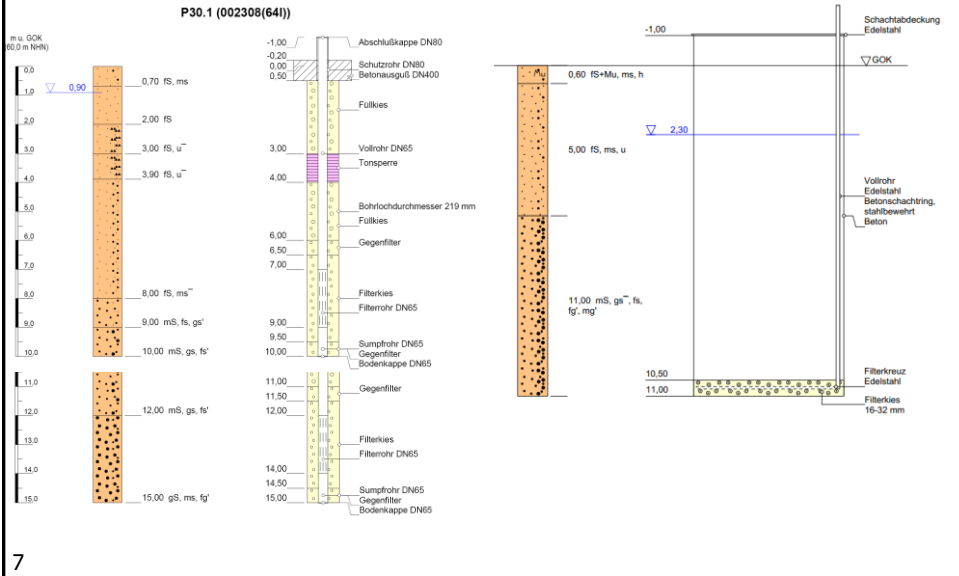
5

Standort des RAPS-Brunnen



6

Geologie am Standort des RAPS-Brunnen



7

Grundwasserbeschaffenheit am Standort des RAPS-Brunnen



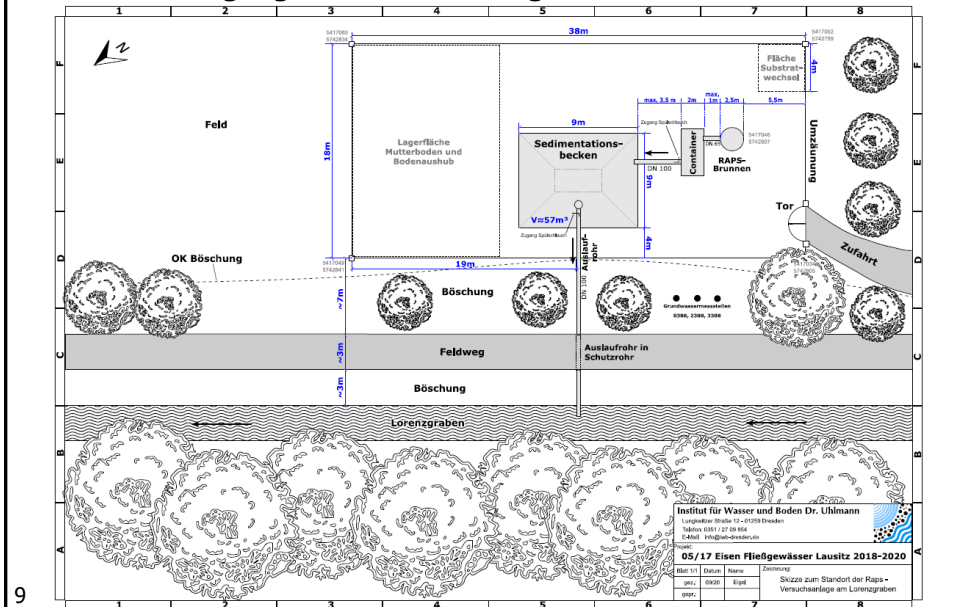
Messwerte GWM 2308 vom 05.03.2019:

Kennwert	Einheit	Wert
pH-Wert		6,4
Temperatur	°C	+16,9
Elektrische Leitfähigkeit	µS/cm	2.750
TIC	mg/L	29,4
TOC	mg/L	10,6
Sulfat	mg/L	1.760
Sulfid	mg/L	0,02
Calcium	mg/L	529
Eisen-gesamt	mg/L	134
Eisen-gelöst	mg/L	134
Mangan-gelöst	mg/L	4,1
NH ₄ -N	mg/L	5,5
Phosphor-gesamt	mg/L	0,24

Gestaffelte GWM 0308/2308/3308 am Standort des RAPS-Brunnen

8

Auslegung der Versuchsanlage des RAPS-Brunnens



Chronik der Vorversuche, des Bauablaufs und des Feldversuchs

Datum	Ereignis
Jun 2018 – Apr 2020	<ul style="list-style-type: none"> Feststoffuntersuchungen zu organischen Trägersubstraten Inkubationstests mit verschiedenen Trägersubstraten Säulenversuche zur heterotrophen Sulfatreduktion mit verschiedenen Trägersubstraten
22.07.2019	Begehung des Baufeldes am Lorenzgraben
Nov 2019	Errichtung der Grundwassermessstellen 2308
17.01.2020	Antragsunterlagen der LMBV an die untere Wasserbehörde
20.02.2020	WRE der unteren Wasserbehörde (gültig bis 31.01.2023)
Aug-Dez 2020	Bau der Versuchsanlage durch TWB
Jan 2021	Installation der Technik (Solarpanel, Pumpen) durch IWB
Jan-Dez 2021	<ul style="list-style-type: none"> Testweise Inbetriebnahme der Technik Ablöschen des Betons Tests zu Varianten der Einbringung von Kalk in das Stroh
Dez 2021	Einbau von Stroh in den Brunnen durch TWB
Jan-Jun 2022	<ul style="list-style-type: none"> Inbetriebnahme des RAPS-Versuchsbrunnens Test und Austausch von Messtechnik und Pumpe
Juli 2022	<ul style="list-style-type: none"> Eigentlicher Versuchsstart Regelmäßiges Monitoring

Bau des RAPS-Brunnen

Drainagekreuz eingebettet in
 0,5 m Kiesschicht (16/32)



- Stahlbeton-Schachtringe:
4 Stck. x 3 Meter
- Innendurchmesser:
2 Meter
- Einbautiefe: 11 m u. GOK
- Kontroll- und Spülrohr
aus Edelstahl



Tauchereinsatz

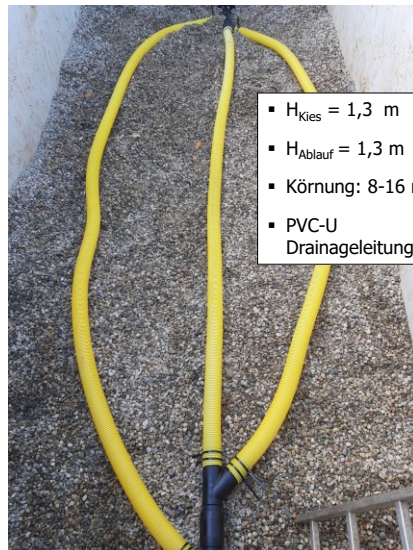


11

Filtercontainer



Blitzschutz



- $H_{\text{Kies}} = 1,3 \text{ m}$
- $H_{\text{Ablauf}} = 1,3 \text{ m}$
- Körnung: 8-16 mm
- PVC-U
Drainageleitung

12

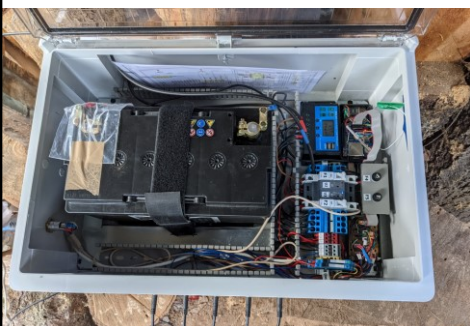
Absetzbecken



- Oberfläche: 9 x 9 m
- Grundfläche: 3 x 3 m
- Tiefe: 1,5 m
- Höhe Ablauf: 1 m
- Teichfolie: 1 mm
- Klarwasserabschlagsleitung zum Lorenzgraben (PE DN 100)
- Schutzrohr unter Feldweg

13

MSR-Technik des RAPS-Brunnens



Elektronik:

- Mikrocontroller: Arduino Mega
- Solarmodul: 100 Wp
- Bleiakku: 110 Ah
- Pumpe Gigant: 36 W, 0,1 L/s
- GMS-Shield zur Datenfernübertragung

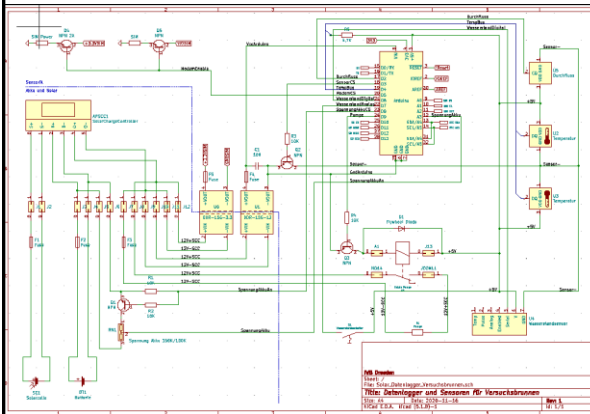
Sensoren:

- Durchflusssensor
- 2 x Temperatursensor
- Schwimmer
- Ultraschall-Wasserstandsensor

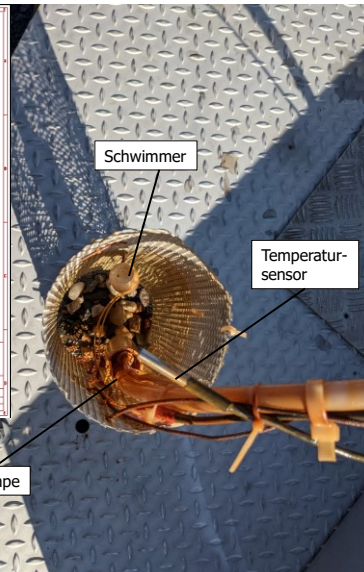
14

MSR-Technik des RAPS-Brunnens

Messkorb



Schaltplan



15

Installation der Technik



Brunnen mit installierter Technik



Zulauf in den Filtercontainer

16

Präparation des Stroh durch Tauchen in Kalksuspension



- Strohballen: 6 Stck. mit $d = 1,7\text{ m}$ und $h = 1,2\text{ m}$
- Kalksuspension: 30 Masse-%
- Rügener Schlämmkreide: $2\ \mu\text{m}$
- Volumenanteil der Kalksuspension im Strohballen: 28 Masse-%

17

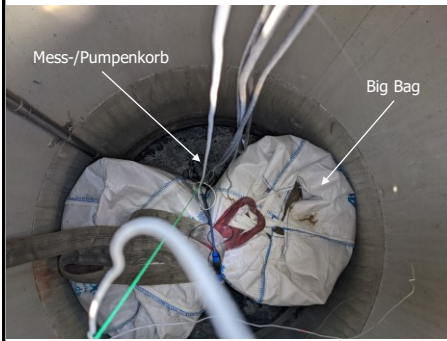
Einbau der Strohballen



18

4 x Big Bags LMB 10/40 je 1 t.

Beschwerden der Strohballen durch Big Bags



19

Sonstiges



Umgehung des Filtercontainers bei Frost



Eisenablagerung auf dem Kiesfilter
 vor dem Einbau des Strohs

20

Starke organische Belastung

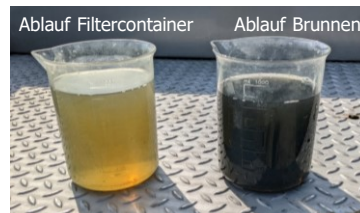


Organik im Filtercontainer



Organik im Absetzbecken

- Von Januar bis Juni sporadischer Betrieb (zahlreiche Systemausfälle)
- Niedriger Wasserstand im Brunnen
- Derzeit viel Organik im Filtercontainer und im Absetzbecken
- Wartung der Technik derzeit alle 2 Wochen notwendig



Ablauf Filtercontainer

Ablauf Brunnen

21

Erste Ergebnisse des Versuchs mit dem RAPS-Brunnen

Seit 22.07.2022 kontinuierlicher Pumpenbetrieb

Durchfluss: 1.200 L/d (abhängig von Batterieladung)

Monitoring Ergebnisse vom 18.08.2022

Kennwert	Einheit	Grundwasser	Ablauf Brunnen	Ablauf Filter
Reaktionsvolumen	m ³	19	2,9	26
Hydraulische Verweilzeit	d	16	2,4	22
pH-Wert	---	6,3	6,1	7,2
K _{S4,3}	mmol/L	1,0	1,0	45,0
K _{B8,2}	mmol/L	3,2	8,6	2,6
Sulfat	mg/L	1.390	1.030	310
Calcium	mg/L	497	943	835
Eisen-gesamt	mg/L	73,0	4,8	1,0

ΔAlk = +44 mmol/L

ΔAci = - 22 mmol/L

ΔAlk = +22 mmol/L

- Sulfat wird reduziert: im Filter stärker als im Brunnen
- Kalk wird gelöst: vorwiegend im Brunnen
- Alkalinität wird erzeugt: vorwiegend im Filter
- Eisen wird zurückgehalten: besonders stark im Brunnen
- Volumenstrom ist gering: Leistung durch Photovoltaik und Batterie limitiert

→ Hochgradige hydrochemische Überkompensation

22



Kontakt

Büro: Institut für Wasser und Boden
01259 Dresden
Lungkwitzer Straße 12
Telefon: 0351-2709854
Email: info@iwb-dresden.de
Internet: www.iwb-dresden.de

Vielen Dank